

PENERAPAN DIMENSI FRAKTAL UNTUK KLASIFIKASI LARAS PADA MUSIK GAMELAN

Ika Nur Wulandari

(S1 Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya)

Email : ikawulandari1mhs.unesa.ac.id@gmail.com

Dwi Juniati

(Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya)

Email : dwi_juniati@yahoo.com

Abstrak

Gamelan merupakan salah satu kebudayaan yang sangat terkenal di dunia. Di dalam musik gamelan terdapat laras slendro dan laras pelog yang tiap – tiap larasnya mempunyai ciri yang khas, namun tetap saja sulit untuk membedakan kedua laras tersebut. Sehingga dalam penelitian ini akan dilakukan klasifikasi laras musik gamelan dengan metode *K -Nearest Neighbor* berdasarkan nilai dimensi fraktal yang dihitung dengan menggunakan metode *Highuci* yang bertujuan untuk mempermudah dalam membedakan kedua laras tersebut. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 10 *gendhing* laras slendro dan 10 *gendhing* laras pelog yang tiap *gendhing* berisi 10 sampel sehingga total data yang digunakan berjumlah 200 sampel.

Proses pertama dari penelitian ini adalah proses *filter* dengan menggunakan metode *Finite Impulse Response* yang dilanjutkan dengan proses normalisasi. Proses *pre-processing* bertujuan untuk menghilangkan noise pada sinyal laras musik gamelan. Selanjutnya sinyal hasil *pre-processing* dilakukan ekstraksi ciri dengan metode *Discrete Wavelet Transform* yang menggunakan tipe *mother wavelet Daubechies db4 wavelet* dengan dekomposisi level 5, dan dihasilkan sinyal dalam domain frekuensi yang merupakan hasil olahan metode *Fast Fourier Transform*. Selanjutnya nilai dimensi fraktalnya dihitung menggunakan metode dimensi fraktal *Highuci*, yang menunjukkan karakteristik dari laras musik gamelan yang selanjutnya digunakan dalam proses klasifikasi. Data nilai dimensi fraktal dibagi secara acak menggunakan metode 5-fold cross validation menjadi 5 partisi dan dilakukan 5 kali iterasi. Kemudian dilakukan proses klasifikasi dari data tiap nilai dimensi fraktal menggunakan metode *K -Nearest Neighbor* dengan percobaan nilai $K = 3, 5, 7$, dan 9 dan diperoleh nilai akurasi terbaik sebesar 80,87% dengan pada nilai $K = 7$, sehingga dapat disimpulkan bahwa dimensi fraktal metode *Highuci* dan metode klasifikasi *K -Nearest Neighbor (K-NN)* dapat digunakan untuk klasifikasi laras musik gamelan.

KATA KUNCI : laras gamelan, sinyal musik gamelan, klasifikasi laras gamelan, *Discrete Wavelet Transform*, dimensi fraktal *Highuci*.

Abstract

Gamelan is one of the most famous cultures in the world. In gamelan music there is a laras slendro and a laras pelog each of which has unique features, but it is still difficult to distinguish the two laras. So in this research will be classified laras of gamelan with *K -Nearest Neighbor* method based on the fractal dimension value calculated using *Highuci* method which aims to facilitate in distinguishing the two laras. The data used in this study consisted of 10 *gendhing* laras slendro and 10 *gendhing* laras pelog each containing 10 samples so that the total data used amounted to 200 samples.

The first process of this research is filter process using *Finite Impulse Response* method followed by normalization process. The pre-processing process aims to eliminate noise in the musical laras gamelan signal. Furthermore, pre-processing result signal is extracted by *Discrete Wavelet Transform* method using *mother wavelet Daubechies db4 wavelet* with level 5 decomposition, and generated signal in frequency domain which is processed by *Fast Fourier Transform* method. Furthermore, the fractal dimension value is calculated using *Highuci's* dimensional fractal method, which shows the characteristics of the musical laras of gamelan which is then used in the classification process. The fractal dimension value data is randomly divided using 5-fold cross validation method into 5 partitions and 5 times iteration. Then it is done the process of claiming the data of each fractal dimension value using *K -Nearest Neighbor* method with experimental value $K = 3, 5, 7$, and 9 and obtained the best accuracy value of 80.87% with the value $K = 7$, so it can be concluded that the fractal dimension of the *Highuci* method and the *K -Nearest Neighbor (K-NN)* classification method can be used for the classification of musical laras gamelan.

KEYWORDS : Laras gamelan, gamelan signal, laras gamelan classification, Discrete Wavelet Transform, Highuci fractal dimension.

PENDAHULUAN

Indonesia disebut sebagai negara kepulauan karena memiliki jumlah pulau yang sangat banyak bahkan mencapai ribuan. Tiap-tiap pulau di Indonesia mempunyai kebudayaan yang khas, misalnya lompat batu dari pulau Sumatra, kesenian kerapan sape dari Madura, tari kecak dari pulau Bali dan rumah adat tongkonan dari pulau Sulawesi. Selain itu dalam bidang musik terdapat banyak kebudayaan, salah satunya yang paling terkenal adalah seni musik gamelan.

Gamelan menjadi salah satu alat musik yang mendunia karena dapat disejajarkan dengan alat musik dari berbagai negara antara lain *Djembe Drumming* (Afrika), *Capoeira Dancing* (Brazil), *Samba* (Brazil), dan *Taiko Drumming* (Jepang). Di dalam musik gamelan terdapat 2 laras yaitu laras pelog dan laras slendro yang memiliki perbedaan dalam segi iramanya dan jumlah notasi tangga nadanya, namun tetap saja sulit untuk membedakan kedua laras tersebut. Oleh karena itu dilakukan analisis sinyal dari kedua laras tersebut, sehingga dapat diketahui perbedaan kedua laras tersebut.

Analisis sinyal musik telah banyak dilakukan antara lain oleh Das dan Das (2005) yang mengklasifikasikan musik India berdasarkan analisis fraktal. Dalam artikelnya yang berjudul "*Classification of Different Indian Songs Based on Fractal Analysis*", Das dan Das mengklasifikasikan musik India menjadi 3 kategori yaitu *classical*, *semiclassical* dan *light*. Selain itu juga dilakukan penelitian yang dilakukan oleh Gabela dan Sampurna (2014) dalam artikelnya yang berjudul "Analisis Fraktal Sinyal Berbagai Jenis Musik" melakukan analisis terhadap sinyal dari berbagai jenis musik untuk mengetahui kehalusan sinyalnya. Hasil analisis data berdasarkan bentuk *Power Spectral Density (PSD)*, yang merupakan salah satu cara untuk menentukan nilai dimensi fraktalnya, menunjukkan bahwa jenis musik yang memiliki bentuk sinyal paling halus secara berturut – turut adalah pop, klasik, rock, murottal, dan jazz.

Pada penelitian ini dilakukan analisis sinyal laras musik gamelan dengan menggunakan nilai dimensi fraktal dengan metode *Highuci*. Menurut El-Ramsisi (2007) perpaduan metode *Highuci* dan metode *Discrete Wavelet Transform* merupakan metode pengolahan sinyal yang dapat menghasilkan nilai akurasi yang tinggi untuk klasifikasi suatu sinyal, sehingga dipilihlah metode *Discrete Wavelet Transform* sebagai metode ekstraksi ciri. Pada proses *Discrete Wavelet Transform* menghasilkan sinyal dengan domain frekuensi yang selanjutnya digunakan metode *Highuci* untuk menghitung nilai dimensi fraktalnya. Dari nilai-nilai dimensi fraktal digunakan metode *K-Nearest Neighbor* untuk mengklasifikasi laras musik gamelan. Metode *K-Nearest Neighbor* merupakan suatu metode klasifikasi yang dilakukan

dengan mencari kelompok K objek dalam data training yang paling dekat (mirip) dengan objek pada data baru atau data testing. Metode *K-Nearest Neighbor* adalah sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut.

Tujuan pengklasifikasian ini dimaksudkan agar dapat digunakan sebagai landasan analisis sinyal untuk memperoleh pemahaman yang lebih dari sifat mendasar dari laras musik gamelan. Selain itu tujuan pengklasifikasian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik laras pada musik gamelan dalam segi matematisnya yaitu berdasarkan nilai dimensi fraktalnya, sehingga orang yang awam dengan dunia musik dapat dengan mudah mengetahui perbedaan dari 2 laras dalam musik gamelan dan juga diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini dapat menarik peneliti lain untuk melakukan penelitian musik gamelan sehingga eksistensi musik gamelan semakin diakui dan bisa mempopulerkan musik gamelan yang merupakan kebudayaan asli Indonesia.

KAJIAN PUSTAKA

A. Sejarah Perkembangan Musik Gamelan

Awal mula perkembangan musik gamelan ditandai dengan ditemukannya peninggalan sejarah yang berupa candi Borobudur. Didalam candi Borobudur terdapat relief yang menunjukkan cikal bakal instrumen dalam musik gamelan. Setelah melalui perkembangan dan perubahan dalam waktu yang lama terciptalah alat musik yang kini disebut dengan nama gamelan (Soetrisno, 1981:10).

Di dalam musik gamelan terdapat 2 tangga nada yang disebut dengan laras yaitu laras slendro dan laras pelog. Laras slendro terdiri dari 5 notasi yaitu dengan notasi 1, 2, 3, 5 dan 6 dan dengan irama yang mengalun lembut, penuh kewibawaan dan ketenangan. Sedangkan laras pelog terdiri dari 7 notasi yaitu 1, 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 dengan irama yang kentara sekali akan gerak-gerak lagunya yang begitu bergairah, sentuhan-sentuhan ritme yang melengking-lengking kenes dan rancak (Purwadi, 2010)

B. Pre-Processing Sinyal

1. Domain Pengolahan Sinyal

Sinyal adalah besaran fisis yang berubah menurut waktu, ruang, atau variabel – variabel bebas lainnya. Sinyal dan karakteristiknya dapat direpresentasikan ke dalam dua domain yang berbeda, yaitu domain waktu yang besar nilai amplitudonya berdasarkan satuan waktu dan domain frekuensi yang besar nilai amplitudonya bergantung pada nilai frekuensinya.

Di dalam suatu sinyal terdapat istilah *noise* yang merupakan suatu sinyal pengganggu

yang menyebabkan suatu sinyal rusak ataupun terganggu. Untuk meminimumkan pengaruh *noise* tersebut pada penelitian ini digunakan suatu filter digital dengan menggunakan proses filter dan normalisasi (Kurniawan, 2002).

2. Filter Finite Impulse Respons

Finite Impulse Respons merupakan salah satu tipe filter digital yang digunakan untuk menghilangkan *noise* pada sinyal digital.

3. Proses Normalisasi

Proses normalisasi merupakan proses menyamakan interval amplitudo suatu sinyal. Proses ini bertujuan agar pengolahan laras musik gamelan tidak dipengaruhi oleh perubahan amplitudo dan tidak mengganggu proses klasifikasi.

C. Proses Ekstraksi Ciri

1. Pengertian Wavelet

Gelombang (*wave*) adalah sebuah fungsi yang bergerak naik turun ruang dan waktu secara periodik. Sedangkan *wavelet* adalah gelombang kecil yang memiliki energi terkonsentrasi dalam waktu yang memiliki karakteristik seperti gelombang beresilasi tetapi juga memiliki kemampuan untuk memberikan informasi waktu dan frekuensi secara bersamaan dan sangat cocok untuk sinyal yang bersifat *non stasioner* (Janardan et. al., 2011).

2. Transformasi Wavelet

Transformasi wavelet adalah sebuah transformasi yang digunakan untuk menganalisis sinyal bergerak. Sinyal bergerak ini dianalisis untuk memperoleh informasi spektrum frekuensi dan waktunya secara bersamaan. Transformasi wavelet (*wavelet transform*) menyediakan penggambaran frekuensi waktu dari sinyal (Polikar, 1998).

Wavelet berkorelasi dengan sinyal untuk mendapatkan koefisien *wavelet*. Induk *wavelet* dikenal sebagai *the mother wavelet*, dan koefisien dievaluasi untuk seluruh rentang interval sinyal dengan translasi (pergeseran) *wavelet* kontinu sepanjang skala waktu. Pada tahap berikutnya *wavelet* ditranslasi dan didilatasi (di skala) untuk lebar yang berbeda, dan proses ini diulang-ulang. Berdasarkan nilai parameter dari dilatasi dan translasinya, transformasi wavelet memiliki dua tipe yaitu: *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dan *Discrete Wavelet Transform (DWT)*.

3. Discrete Wavelet Transform

Dasar dari *DWT* dimulai pada tahun 1976 dimana teknik untuk mendekomposisi sinyal waktu diskrit ditemukan. Secara garis besar teknik dari *Discrete Wavelet Transform (DWT)* dibagi menjadi dua proses yaitu dekomposisi wavelet dan rekonstruksi wavelet. Dekomposisi wavelet merupakan proses pembagian sinyal menjadi frekuensi tinggi dan frekuensi rendah dalam proses filterisasi *high pass filter* yang menghasilkan komponen detail (cD) dan *low pass filter* yang menghasilkan komponen aproksimasi (cA) (Terjiza, 2006:85).

Proses rekonstruksi merupakan kebalikan dari proses dekomposisi sesuai dengan level pada proses dekomposisi. Untuk mendapatkan hasil rekonstruksi setelah didekomposisi maka langkah awal proses rekonstruksi diawali dengan menggabungkan koefisien *DWT* dari yang berada pada akhir dekomposisi dengan sebelumnya *meng-upsample* koefisien melalui *high pass filter* dan *low pass filter* sampai di dapatkan sinyal asli.

4. Fast Fourier Transform

Algoritma *Fast Fourier Transform (FFT)* adalah suatu algoritma yang digunakan untuk mentransformasikan sinyal dengan domain waktu menjadi sinyal dengan domain frekuensi, artinya proses perekaman suara disimpan dalam bentuk digital berupa gelombang spektrum yang berbasis frekuensi (Adler, 2013).

D. Geometri Fraktal

1. Pendahuluan Geometri Fraktal

Istilah fraktal pertama kali digunakan oleh matematikawan Perancis-Amerika, Benoit Mandelbrot pada tahun 1975. Fraktal berasal dari kata "*fractus*" dalam bahasa latin berarti "patahan". Sifat fraktal menurut Mandelbrot kemiripan pada semua skala. Geometri fraktal merupakan ilmu yang mempelajari himpunan yang tidak regular atau fungsi yang tidak mulus. Sifat fraktal menurut Mandelbrot adalah kemiripan diri pada semua skala. Munculnya geometri fraktal diawali dari analisis yang dilakukan terhadap fungsi *Weierstrass*, himpunan *Cantor*, segitiga *Sierpinski*, dan kurva salju *Koch*.

2. Dimensi Fraktal

Istilah dimensi fraktal dikemukakan oleh Mandelbrot pada tahun 1975 setelah mempublikasikan papernya tentang kemiripan diri pada garis pantai Britania. Dimensi fraktal merupakan elemen yang penting karena dapat didefinisikan dan dihubungkan dengan data

dunia nyata, dan dapat diukur nilainya dengan melakukan suatu eksperimen. Dimensi Fraktal merupakan simplifikasi dari konsep dimensi Hausdorff yang kadang disebut dengan kapasitas figur geometri. Ide dasar dari dimensi fraktal diperoleh dengan menganalisa himpunan pada ukuran skala berbeda (Juniati dan Budayasa, 2016:96).

3. Metode Higuchi

Metode *Higuchi* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghitung nilai dimensi fraktal dari bentuk gelombang. Metode *Higuchi* merupakan metode analisis deret waktu yang sangat efisien untuk menentukan nilai dimensi fraktal dari suatu kurva (Coyt et al., 2013).

Misalkan diberikan deret waktu $Z[i]$ dengan $i = 1, 2, \dots, N$. Berikut metode *Higuchi* pada deret waktu tersebut untuk menghitung nilai dimensi fraktal :

- a. Dari deret waktu $Z[i]$ diperoleh deret waktu baru Z_p^n

$$Z_p^n = \{Z[n], Z[n+p], \dots, Z[n + \text{int}(\frac{N-n}{p}) \cdot p]\}$$

Dimana n dan p adalah bilangan bulat, p menunjukkan interval waktu diskrit dan n menunjukkan nilai waktu awal dengan $n = 1, 2, \dots, p$.

- b. Panjang setiap deret waktu baru dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$L(n, p) = \frac{\left\{ \sum_{i=1}^{\text{int}(\frac{N-n}{p})} |Z[n+ip] - Z[n+(i-1)p]| \right\} \frac{N-1}{\text{int}(\frac{N-n}{p}) \cdot p}}{p}$$

Dimana N adalah panjang dari deret waktu asli, $\frac{N-1}{\text{int}(\frac{N-n}{p}) \cdot p}$ menunjukkan faktor normalisasi dan $|Z[n+ip] - Z[n+(i-1)p]| = r_i$. Dengan demikian $L(n, p)$ merupakan jumlah normalisasi panjang segmen baru r_i . Setiap r_i menunjukkan nilai jarak yang berbeda pada koordinat pasangan titik sejauh n , dimulai pada sampel ke $n, z[n]$, dengan $n = 1, 2, \dots, p$.

- c. Panjang kurva untuk interval waktu p diperoleh dengan membagi semua subderet $L(n, p)$ dengan p . Untuk $n = 1, 2, \dots, p$ adalah :

$$L(p) = \frac{\sum_{n=1}^p L(n, p)}{p}$$

- d. Nilai $L(p) \propto p^{FD}$ dimana FD adalah dimensi fraktal *Higuchi*. Dengan menerapkan hukum pangkat diperoleh bahwa eksponen FD adalah dimensi fraktal dari deret waktu tersebut. Nilai

dimensi fraktal dapat dihitung sebagai berikut:

$$L(p) = p^{-FD}$$

$$L(p) = \frac{1}{p^{FD}}$$

$$FD = \frac{\log(L(p))}{\log \frac{1}{p}}$$

(Higuchi, 1988).

E. K-Nearest Neighbor

Klasifikasi merupakan proses untuk menemukan model atau fungsi yang membedakan kelas data dengan tujuan untuk dapat memperkirakan kelas suatu objek yang belum diketahui labelnya. Salah satu metode klasifikasi yaitu menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor*. Algoritma *K-Nearest Neighbor* mengklasifikasikan data baru yang belum diketahui kelasnya dengan memilih data sejumlah K yang letaknya terdekat dari data baru tersebut. Kelas terbanyak dari hasil perhitungan jarak data sejumlah K terdekat dipilih sebagai kelas yang diprediksi untuk data yang baru. K umumnya ditentukan dalam jumlah ganjil untuk menghindari munculnya kelas dengan jumlah yang sama dalam proses pengklasifikasian (Krisnandi, 2013).

F. Cross Validation

Cross-validation adalah metode statistik untuk mengevaluasi serta membandingkan algoritma learning dengan membagi data menjadi dua segmen, satu segmen digunakan untuk melatih model dan yang lain digunakan untuk memvalidasi model. *Cross-validation* memiliki beberapa bentuk dasar salah satunya adalah *k-fold cross-validation* yang merupakan sebuah teknik intensif komputer yang menggunakan keseluruhan data yang ada sebagai data train dan data test, seluruh data dipartisi menjadi sebanyak k partisi $U_1, U_2, U_3, \dots, U_k$ dengan masing-masing partisi memiliki jumlah yang sama (atau hampir sama). Selanjutnya, proses testing dan training dilakukan sebanyak k kali. Dalam iterasi ke- i partisi U_i akan menjadi data testing dan sisanya menjadi data training. Setelah itu dihitung nilai rata-rata error dengan menggunakan hasil dari k buah iterasi (Pandie, 2012)

METODE PENELITIAN

A. Data Penelitian

Jenis data yang digunakan yaitu data yang dipakai terdiri dari 20 jenis sinyal dari *gendhing* gamelan Jawa yang masing – masing terdiri atas:

1. 10 *gendhing* laras slendro dari gamelan Jawa
2. 10 *gendhing* dari laras pelog dari gamelan Jawa

Data lagu tersebut diambil 10 cuplikan yaitu berasal dari bagian – bagian *gendhing* gamelan Jawa dan memiliki durasi yang sama yaitu 10 sekon dengan ekstensi *.wav bertipe mono

dengan parameter 8 bits dan *simple rate* sebesar 44100 Hz.

B. Rancangan Penelitian

Berikut merupakan rancangan penelitian pada analisis fraktal untuk klasifikasi laras sinyal musik gamelan dengan menggunakan metode *Highuci* yang dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Proses Pemilihan Data

Data yang digunakan sebanyak 20 *gendhing* gamelan yang terdiri atas 10 *gendhing* yang berasal dari laras slendro dan 10 *gendhing* dari laras pelog. Setelah di dapat semua *gendhing* dilakukan proses pemotongan *gendhing* musik gamelan yang bertujuan untuk menyamakan durasi waktu dari sampel yang digunakan dalam penelitian. Durasi yang dipilih untuk setiap sampel adalah 10 detik. Tiap *gendhing* diambil 10 sampel sehingga diperoleh 200 sampel dari 20 *gendhing*.

2. Proses Memasukkan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa sinyal dari laras musik gamelan yang berformat *.wav. Data ini diproses menggunakan software Matlab R2009b dengan *bitrate* 352 kbps dan dibaca dalam Matlab menggunakan fungsi *wavread*.

3. Pre-Processing Sinyal

Sebelum proses ekstrasi ciri dengan *Discrete Wavelet Transform (DWT)*, terlebih dahulu sinyal melewati proses *pre-processing* yang terdiri dari 2 proses yaitu proses *filter* dan proses normalisasi.

a. *Filter* : sampel sinyal laras musik gamelan dilakukan proses filter dengan *Finite Impulse Respons (FIR) low pass filter rectangular* dengan orde sebesar 64 dan frekuensi *cut off* sebesar 8000 Hz. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan *noise* pada sinyal laras musik gamelan.

b. Normalisasi : proses normalisasi bertujuan untuk mengubah interval amplitudo menjadi -1 sampai dengan 1. Hal ini bertujuan untuk menyamakan interval amplitudo maksimum masing – masing sinyal laras musik gamelan sehingga proses ekstrasi ciri tidak dipengaruhi perubahan amplitudo

4. Proses Ekstrasi Ciri

Dalam proses ekstrasi ciri terdiri dari 2 tahapan yaitu proses *Discrete Wavelet Transform (DWT)* dan proses *Fast Fourier Transform (FFT)* berikut penjelasan untuk 2 proses tersebut :

a. *Discrete Wavelet Transform (DWT)* : proses ini merupakan proses pengambilan

ciri dari sinyal laras musik gamelan. Langkah penting dalam proses ini adalah proses penentuan tipe *mother wavelet*. Dalam penelitian ini dipilih tipe *mother wavelet* angoota dari keluarga *Daubhecies* : *Daubchies* orde 4 (Mishra, et al, 2013). Selain pemilihan tipe *mother wavelet* terdapat juga proses dekomposisi , dalam penelitian ini dilakukan proses dekomposisi *wavelet* sampai dengan level 5.

b. *Fast Fourier Transform (FFT)* : setelah sinyal melalui proses *Discrete Wavelet Transform*, maka selanjutnya sinyal hasil dekomposisi setiap level komponen *Aproksimasi* yaitu cA1, cA2, cA3, cA4 dan cA5 yang berdomain waktu dan frekuensi diubah ke dalam domain frekuensi dengan bantuan *Fast Fourier Transform* (El-Ramsisi, et al, 2007).

5. Menghitung Nilai Dimensi Fraktal

Sinyal hasil *Fast Fourier Transform* komponen *Aproksimasi* cA1, cA2, cA3, cA4 dan cA5 dihitung nilai dimensi fraktalnya menggunakan metode *Highuci*. Nilai dimensi fraktal inilah yang akan dijadikan sebagai masukan dalam klasifikasi laras sinyal musik gamelan.

6. Pembagian Data

Setelah diperoleh nilai dimensi fraktal dengan metode *Highuci* , maka langkah selanjutnya yaitu pembagian data dengan menggunakan metode *k-fold cross-validation*. Nilai *k* yang dipilih yaitu *k* = 5. Pemilihan nilai *k* ini bergantung pada jumlah data yang akan digunakan yaitu harus dapat membagi semua data yang digunakan.

7. Proses Klasifikasi dengan Metode *K-Nearest Neighbor*

Setelah dilakukan perhitungan dimensi fraktal dengan metode *Highuci* dan pembagian data oleh *5-fold cross validation*, maka proses selanjutnya adalah proses klasifikasi menggunakan metode *K-Nearest Neighbor*. Proses *K-Nearest Neighbor* ini didasarkan pada nilai dimensi fraktal dari sinyal tersebut. Pada penelitian ini dipilih nilai *K* = 3, 5, 7 dan 9. Setelah didapatkan hasil klasifikasi selanjutnya dihitung keakuratan sistem dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah data uji benar}}{\text{jumlah data uji keseluruhan}} \times 100\%$$

Semakin tinggi nilai akurasi menunjukkan sistem mempunyai kinerja yang baik dan dapat mengenali masukan yang diberikan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Proses Pemilihan Data

Data yang digunakan sebanyak 20 *gendhing* gamelan yang masing-masing terdiri atas 10 *gendhing* yang berasal dari laras slendro dan 10 *gendhing* dari laras pelog. Setelah didapatkan semua *gendhing* proses selanjutnya yaitu pemotongan *gendhing* lagu dengan panjang 10 detik, dan tiap *gendhing* diambil 10 sampel yang panjangnya sama. Setelah proses pemotongan lagu disimpan dalam format *.wav. Software yang digunakan adalah Free Audio Editor 2015.

B. Proses Memasukkan Data

Setelah proses pemotongan langkah selanjutnya dalam pengolahan sinyal musik laras gamelan dimulai dengan memasukkan data musik gamelan yang berformat *.wav dengan frekuensi sampling 44100 Hz, bertipe mono dengan parameter 8 bits. Proses memasukkan data pada matlab R2009b dengan menggunakan fungsi wavread.

C. Pre-Processing Sinyal

Setelah dilakukan pemasukan data sinyal musik gamelan yang berformat *.wav, tahap selanjutnya adalah pre-processing. Adapun tahap – tahap dalam proses pre-processing data laras musik gamelan adalah sebagai berikut :

1. Filter

Proses *filter* bertujuan untuk mengurangi *noise* pada sinyal laras musik gamelan. Jenis *filter* digital yang digunakan adalah dalam proses *filter* adalah *Finite Impulse Respons (FIR) low pass filter rectangular* dengan orde sebesar 64 dan *frekuensi cut off* sebesar 8000 Hz.

2. Normalisasi

Setelah dilakukan proses *filter* maka sinyal musik gamelan selanjutnya dinormalisasi terhadap amplitudo maksimum. Proses ini mengubah amplitudo dengan interval -1 sampai dengan 1.

D. Proses Ekstraksi Ciri

Metode ekstraksi ciri yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Discrete Wavelet Transform (DWT)*. Faktor dilatasi pada proses *Discrete Wavelet Transform (DWT)* menunjukkan *lowpass filter* dan *highpass filter* dan jenis *mother wavelet* yang digunakan adalah merupakan anggota dari keluarga *Daubechies*. Tipe yang digunakan yaitu *Daubechies db4* nomor indeks ini mengacu pada banyaknya masing-masing koefisien *highpass filter* dan *lowpass filter* yang dimiliki oleh *wavelet*. Sehingga dapat diartikan bahwa *Daubechies db4 wavelet* memiliki masing-masing 4 koefisien (Risnasari, 2014).

Berikut merupakan tahapan – tahapan dalam proses *Discrete Wavelet Transform (DWT)* :

1. Penentuan Level Dekomposisi

Dalam penelitian ini digunakan 5 jenis level dekomposisi yaitu dekomposisi level 1, level 2, level 3, level 4, dan level 5. Angka 5 disini menunjukkan proses dekomposisi dilakukan sampai dengan 5 kali. Vektor ciri yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil dekomposisi bagian aproksimasi level terakhir. Misalnya pada dekomposisi level 1 sinyal yang digunakan adalah hasil dekomposisi bagian aproksimasi ke 1 (cA1), pada level 2 menggunakan bagian aproksimasi ke 2 (cA2) begitu seterusnya hingga level 5.

2. Fast Fourier Transform (FFT) Hasil Dekomposisi Wavelet

Sinyal hasil dekomposisi yang berupa komponen Aproksimasi ke 1 sampai dengan 5 (cA1, cA2, ..., cA5) kemudian masing – masing dilakukan proses *Fast Fourier Transform (FFT)* untuk mengetahui rentang frekuensinya. Selanjutnya hasil *Fast Fourier Transform (FFT)* ini dihitung nilai dimensi fraktalnya menggunakan metode *Highuci*. Nilai dimensi inilah yang selanjutnya dijadikan fitur dalam pengklasifikasian laras pada musik gamelan.

E. Metode Highuci

Metode *Highuci* merupakan salah satu metode perhitungan dimensi fraktal. Berikut merupakan langkah-langkah dalam menghitung nilai dimensi fraktal *Highuci* :

1. Pemilihan Nilai K-Max

Pemilihan nilai K-max dalam metode *Highuci* merupakan langkah yang penting. Interval yang dimiliki nilai K-max yaitu berkisar antara 2-80. Pada penelitian ini dipilih nilai K-max= 50.

2. Nilai Dimensi Highuci

Setelah proses pemilihan K-max proses selanjutnya adalah proses perhitungan nilai dimensi fraktal dari grafik hasil proses *Discrete Wavelet Transform* yang telah di *Fast Fourier Transform* selanjutnya di hitung dimensi fraktalnya menggunakan metode *Highuci*. Dari hasil penelitian diperoleh nilai maksimum dimensi fraktal *Highuci* laras slendro adalah 1,9242 dan nilai minimumnya adalah 1,7426. Sedangkan nilai maksimum nilai dimensi fraktal *Highuci* laras pelog adalah 1,9484 dan nilai minimumnya adalah 1,8096. Selain nilai maksimum dan minimum,

dari tabel diatas diperoleh nilai rata-rata dimensi fraktal *Highuci* laras slendro adalah 1,851 dengan nilai standar deviasi 0,02 sehingga diperoleh interval nilai dimensi fraktal *Highuci* laras slendro berkisar antara 1,8315—1,8715 sedangkan pada laras pelog diperoleh nilai rata-rata nilai dimensi fraktal *Highuci* sebesar 1,8900 dengan nilai standar deviasi 0,02 sehingga diperoleh interval nilai dimensi fraktal *Highuci* laras pelog berkisar antara 1,8700—1,9100.

Dari nilai interval kedua laras tidak menggambarkan nilai sebenarnya dari kedua laras tersebut, contoh nilai maksimum dimensi fraktal laras slendro adalah 1,9242 sedangkan interval dimensi fraktal laras slendro berkisar antara 1,8315-1,8715, maka nilai 1,9242 tidak termasuk kedalam nilai dimensi laras slendro sehingga menyebabkan metode rata-rata tidak cocok digunakan untuk klasifikasi laras pada sinyal musik gamelan. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan metode klasifikasi yang lebih akurat yaitu metode klasifikasi *K-Nearest Neighbor* yang dipadukan dengan metode *k-fold cross validation* untuk proses pembagian data.

F. Pembagian Data Test dan Data Train

Setelah diperoleh nilai dimensi fraktal dengan metode *Highuci*, maka langkah selanjutnya yaitu pembagian data test dan data train dengan menggunakan metode *k-fold cross validation*. Nilai *k* yang dipilih yaitu *k*=5 yang berarti semua data dibagi menjadi 5 partisi.

G. Proses Klasifikasi Berdasarkan Nilai Dimensi Fraktal

Setelah dilakukan perhitungan dimensi fraktal dengan metode *Highuci* dan pembagian data oleh *5-fold cross validation*, maka proses selanjutnya adalah proses klasifikasi menggunakan metode *K-Nearest Neighbor*. Proses *K-Nearest Neighbor* ini didasarkan pada nilai dimensi fraktal dari sinyal tersebut dan selanjutnya dihitung nilai akurasi. Dari hasil penelitian diperoleh akurasi terbaik yaitu 80,87% dimana hasil tersebut diperoleh pada perhitungan dimensi fraktal dengan nilai *K*-max = 50, dekomposisi level 1, dan pada nilai 7-NN (7 tetangga terdekat). Sedangkan akurasi terburuk yaitu 66,28% yang diperoleh pada perhitungan dimensi fraktal dengan nilai *K*-max = 50, dekomposisi level 3, dan pada nilai 3-NN (3 tetangga terdekat).

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai akurasi tertinggi sebesar 80,87% sehingga dapat

disimpulkan bahwa dimensi fraktal metode *Highuci* dan metode klasifikasi *K-Nearest Neighbor* (*K-NN*) dapat digunakan untuk klasifikasi laras musik gamelan.

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Penerapan metode *Discrete Wavelet Transform* (*DWT*) untuk mendapatkan ciri dari sinyal adalah dengan menggunakan proses dekomposisi *wavelet* level 1—5, yang selanjutnya sinyal hasil dekomposisi diubah dari domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi. Dari hasil penelitian menunjukkan proses dekomposisi *wavelet* level 1 memberikan hasil ekstrasi ciri yang lebih baik dibandingkan dengan dekomposisi *wavelet* level lain.
2. Penerapan metode *Highuci* untuk menghitung nilai dimensi fraktal adalah dengan menggunakan nilai *K*-max = 50 pada algoritma *Highuci*. Dari hasil penelitian menunjukkan interval dimensi fraktal laras slendro berkisar antara 1,8315—1,8715 sedangkan dimensi fraktal laras pelog berkisar antara 1,8700—1,9100, karena terdapat irisan dari kedua laras tersebut sehingga perlu dilakukan metode klasifikasi yang lebih tepat.
3. Proses klasifikasi laras pelog dan laras slendro dengan metode *K-Nearest Neighbor* (*KNN*) dilakukan dengan cara menghitung jarak *Euclidean* data tes dengan data train nilai dimensi fraktal *Highuci*. Selanjutnya dicari *K-Nearest Neighbor* dari nilai jarak *Euclidean* paling kecil. Nilai *K* pada metode *K-Nearest Neighbor* (*KNN*) dengan *K* = 7 memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan *K* yang lain yaitu 3, 5, dan 9.
4. Tingkat akurasi yang paling baik pada proses pengklasifikasian sinyal laras musik gamelan adalah 80,87% pada dekomposisi level 1, pembagian data menggunakan *5-fold cross validation* dan jumlah tetangga pada *K-Nearest Neighbor* (*KNN*) adalah 5 dan diperoleh nilai rata-rata dimensi fraktal laras slendro sebesar 1,8656 dan rata-rata dimensi fraktal laras pelog sebesar 1,9046. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Highuci* dan *K-Nearest Neighbor* (*KNN*) dapat digunakan untuk mengklasifikasikan laras musik gamelan.

B. Saran

Pengembangan yang dapat dilakukan pada penelitian ini antara lain :

1. Penggunaan metode pada *pre-processing* yang lebih handal agar didapatkan komponen-komponen sinyal laras musik gamelan yang dapat menghasilkan ciri yang lebih baik.

2. Penggunaan proses ekstraksi ciri dengan metode lain yang dapat menghasilkan ciri yang berbeda untuk setiap kelas pada laras musik gamelan.
3. Penggunaan nilai K -max pada metode *Higuchi* perlu lebih banyak dan bervariasi.
4. Penggunaan metode perhitungan dimensi fraktal yang lain, seperti metode *Box Counting*, *Katz*, dan lain – lain.
5. Penggunaan metode klasifikasi lain, yang lebih cepat waktu komputasinya dibandingkan dengan metode K -*Nearest Neighbor* (KNN).

DAFTAR PUSTAKA

- Adler, John, dkk. 2013. Identifikasi Suara dengan MATLAB sebagai Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan. Bandung: Universitas Komputer Indonesia
- Coyt, G. Galvez, A. M. Diosdado, J. A. Balderas Lopez, J. L. del Rio Correa, F. A. Brown. 2013. “*Higuchi’s Method Applied to The Detection of Periodic Components in Time Series and Its Application to Seismograms*”. *Revista Mexicana de Fisica*. Vol. 59 (1): hal. 1-6.
- Das, Atin dan Das, Pritha. 2005. “*Clasification of Different Indian Songs Based on Fractal Analysis*”. *Complex Systems Publications, Inc* Vol 15 hal 253-259
- El-Ramsisi, A.M, et al. 2007. “*Diagnosis System Based on Wavelet Transform, Fractal Dimension and Normal Network*” *Journal of Applied Sciences* 7 (24) : 3971-3976, 2007.
- Gabela, Eisar dan Sampurno, Joko. 2014. Analisis Fraktal Sinyal Berbagai Jenis Musik. *PRISMA FISIKA*, Vol. II, No. 3 Hal. 67 – 73
- Higuchi. 1998. “*Approach to An Irregular Time Series on The Basis of The Fractal Theory*”. *Journal Physica*. Vol. 31 (2): hal. 277-283.
- Janardan, M, Babu, K Ashok, et.al. 2011. “An Efficient Architecture For 3-D Lifting-Based Discrete Wavelet Transform”, *Int. J. Comp. Tech. Appl.*, Vol 2 (5), 1439-1458 (on line) (<http://www.ijcta.com> diakses 27 Februari 2017)
- Juniati, Dwi dan Budayasa, I.K., 2016. Geometri Fraktal dan Aplikasinya. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
- Krisandi, Nobertus, Helmi, B. Prihandono. 2013. “Algoritma k -Nearest Neighbor dalam Klasifikasi Data Hasil Produksi Kelapa Sawit pada PT. Minamas Kecamatan Parindu”. *Buletin Ilmiah Matematika Statistik dan Terapannya*. Vol. 2 (1): hal. 33-38.
- Kurniawan, Agus. 2002. Reduksi Noise Pada Sinyal Suara dengan Menggunakan Transformasi Wavelet. Semarang : Universitas Diponegoro
- Pandie, Emerensye S. Y. 2012. Implementasi Algoritma Data mining K -Nearest Neighbour (KNN) Dalam Pengambilan Keputusan Pengajuan Kredit. Jurusan Ilmu Komputer, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana : Kupang
- Polikar, Robi. 1998. *Multi Resolution Analysis: “The Discrete Wavelet Transform. Iowa”* : Iowa State University.
- Purwadi. 2010. Diktat Seni Karawitan II. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Risnasari, Medika. 2014. Penekanan Noise Pada Sinyal EKG Menggunakan Transformasi Wavelet. *Jurnal Ilmiah Edutic*. Vol.1, No.1, Nopember 2014
- Soetrisno. 1981. Sejarah Karawitan, Yogyakarta : Akademi Seni Tari Yogyakarta.
- Terjiza, Natasa. “*Robust Digital Image Watermarking Algorithms for Copyright Protection*.” *Univesity of Duisburg-Essen* : Essen.